

**Planejamento fatorial aplicado ao processo de hidrólise de lignocelulose****Factorial Design applied to the lignocellulose hydrolysis process**

DOI:10.34117/bjdv5n11-150

Recebimento dos originais: 27/10/2019

Aceitação para publicação: 14/11/2019

**Celson Pascoal Borges**

Graduado em Ciências Biológicas – UNIARAXÁ  
Mestre em Inovação Tecnológica – PMPIT/UFTM  
Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração  
Córrego da Mata – Araxá – MG  
Email: celson.borges@cbmm.com.br

**Vitor Augusto Rosa**

Graduando em Engenharia Química pela UFTM  
Intituição: UFTM  
Endereço: Av. Dr. Randolpho Borges Jr., 1400 – Bairro Univerdecidade  
CEP: 38064200 – Uberaba – MG  
Email: vitor.augusto.ptc@hotmail.com

**Marcelo Bacci da Silva**

Dr. Engenharia Mecânica/UFU  
Instituição: UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Endereço: Av. Dr. Randolpho Borges Jr., 1400 – Bairro Univerdecidade  
CEP: 38064200 – Uberaba – MG  
Email: bacciuftm@gmail.com

**RESUMO**

Atualmente, a elevação demasiada nos preços dos combustíveis fósseis, aliada à sua possível escassez, tem proporcionado uma busca por combustíveis alternativos gerados a partir de biomassa. As fibras da biomassa da cana-de-açúcar são lignocelulósicas, com uma estrutura complexa. A biomassa, então, deve passar por uma etapa de pré-tratamento conhecida como hidrólise, para a desestruturação das fibras. É neste contexto que o presente trabalho foi desenvolvido, estudando a influência de três variáveis na etapa de hidrólise do bagaço de cana-de-açúcar pela aplicação de um planejamento fatorial  $2^3$ , onde o catalisador ( $X_1$ ), o solvente ( $X_2$ ) e o tempo de reação ( $X_3$ ) foram as variáveis investigadas e a concentração da glicose a resposta obtida. Os resultados encontrados mostram uma influência significativa das variáveis estudadas na concentração da glicose. A melhor combinação das variáveis estudadas ocorreu quando o solvente utilizado foi o etanol, o catalisador o ácido sulfúrico e no maior tempo da reação, obtendo 6 g de glicose/ L de solução.

**Palavras-chave:** Etanol de segunda geração, glicose, lignocelulose, pré-tratamento

**ABSTRACT**

Currently, the excessive increase in fossil fuel prices, coupled with its possible scarcity, has led to a search for alternative fuels generated from biomass. Sugarcane biomass fibers are lignocellulosic, with a complex structure. The biomass, then, must go through a pre-treatment step known as hydrolysis for fiber breakdown. It is in this context that the present work was developed, studying the influence of three variables in the sugarcane bagasse hydrolysis step by applying a factorial design 2<sup>3</sup>, where the catalyst (X1), the solvent (X2) and the reaction time (X3) were the variables investigated and glucose concentration the response obtained. The results show a significant influence of the studied variables on glucose concentration. The best combination of the studied variables occurred when the solvent used was ethanol, the catalyst sulfuric acid and in the longest reaction time, obtaining 6 g of glucose / L of solution.

**Keyword:** Second generation ethanol, glucose, lignocellulose, pretreatment.

**1. INTRODUÇÃO**

O racionamento de energia representa uma oportunidade para reorganizar o sistema energético, usando como base a eficiência, a maior participação das fontes renováveis e a descentralização de energia (Amato, 2014).

Neste contexto, uma das alternativas seria a produção de energia a partir de resíduos das indústrias. A conversão de bagaço de cana-de-açúcar em etanol é, na realidade, a conversão de um resíduo lignocelulósico, tema de grande interesse de pesquisadores na atualidade (Mussatto, 2016).

Contudo, a utilização da biomassa lignocelulósica encontra um desafio, que é o processo de fragmentação desta biomassa em seus constituintes (celulose, hemicelulose e lignina). Esta fragmentação pode ser alcançada quando a matéria prima lignocelulósica é submetida a um pré-tratamento (Mussatto, 2016).

Dentre as tecnologias para o tratamento do bagaço de cana-de-açúcar, o processo Organosolv tem sido considerado um dos mais promissores pelos pesquisadores (Mesa et al., 2011). Este processo envolve o uso de organosolventes, um líquido orgânico (etanol, acetona), com adição de um agente catalisador (ácido ou base). Essa mistura hidrolisa parcialmente as ligações de lignina-carboidrato, resultando num resíduo sólido, composto principalmente pela celulose e hemicelulose.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o pré-tratamento do bagaço de cana pelo processo Organosolv, onde um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> será empregado para analisar a influência do solvente, do catalisador e do tempo de reação na hidrólise do bagaço, através da concentração de glicose obtida.

**2. MATERIAIS E MÉTODO****2.1. MATÉRIA PRIMA**

O bagaço de cana in natura foi cedido pela Usina Bunge, localizada na cidade de Santa Juliana - MG. O bagaço foi seco ao ar em temperatura ambiente até umidade relativa dos sólidos atingir 10%. Posteriormente, foi triturado em moinho de facas e uma análise granulométrica foi realizada utilizando as peneiras com aberturas na escala Tyler.

**2.2. MÉTODO EXPERIMENTAL**

Para o estudo da influência das variáveis no processo Organosolv, realizou-se um planejamento experimental fatorial  $2^3$ . As variáveis a serem analisadas e seus respectivos valores de máximo (+) e de mínimo (-) são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Matriz do planejamento  $2^3$ 

Experimentos	Variáveis codificadas			Variáveis reais		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-1	-1	-1	Etanol	Sulfúrico	30
2	+1	-1	-1	Acetona	Sulfúrico	30
3	-1	+1	-1	Etanol	Oxálico	30
4	+1	+1	-1	Acetona	Oxálico	30
5	-1	-1	+1	Etanol	Sulfúrico	90
6	+1	-1	+1	Acetona	Sulfúrico	90
7	-1	+1	+1	Etanol	Oxálico	90
8	+1	+1	+1	Acetona	Oxálico	90

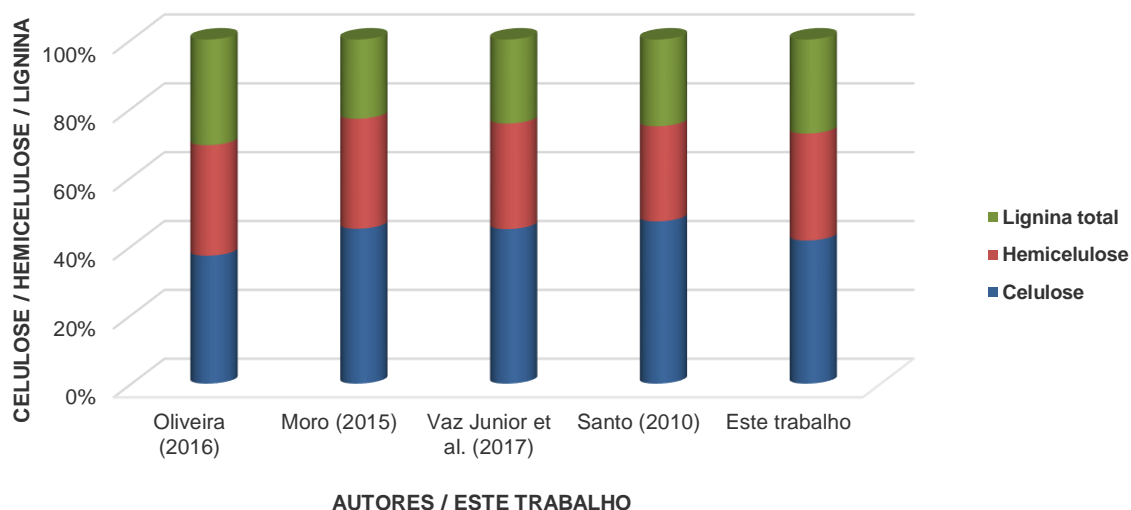
X<sub>1</sub>: Catalisador; X<sub>2</sub>: Solvente; X<sub>3</sub>: Tempo

As variáveis listadas na Tabela 1, catalisador (etanol e acetona), solvente (ácido sulfúrico e ácido oxálico) e tempo de reação, forneceram como resultados, as concentrações de glicose. As respostas foram avaliadas através das etapas de filtração à vácuo, por determinações usando espectrofotômetro no comprimento de onda de 640nm, cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e secagem.

### 3. RESULTADOS

O bagaço in natura teve sua composição determinada de acordo com as normas da National Renewable Energy Laboratory– NREL e os resultados são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Comparação das composições do bagaço de cana de açúcar por autor.



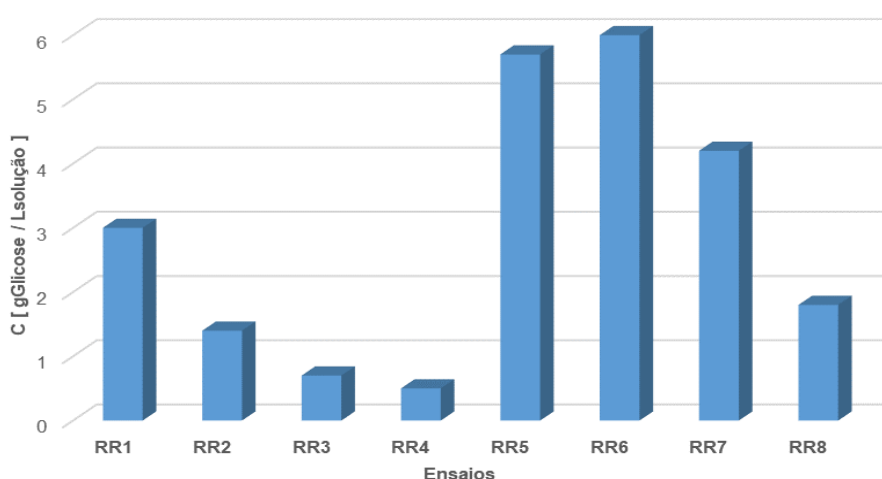
Os valores de hemicelulose encontrados neste trabalho estão bem próximos dos resultados publicados por outros autores. Provavelmente, as pequenas variações existentes, podem ser devido às diferenças morfológicas de corte e processos industriais da cana-de-açúcar (CGEE, 2009). Os resultados da análise granulométrica forneceram um diâmetro médio de 1,296 mm usando a equação do modelo GGS. Essa análise granulométrica estabelece uma padronização do tamanho das partículas e medidas de área superficial das partículas. As amostras do material filtrado foram submetidas à análise de espectrometria e os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2 - Resultados da espectrometria

Exp.	Ensaio	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	C <sub>[gGlicose/Lsolução]</sub>
1	RR1	-	-	-	3,0
2	RR2	+	-	-	1,4
3	RR3	-	+	-	0,7
4	RR4	+	+	-	0,5
5	RR5	-	-	+	5,7
6	RR6	+	-	+	6,0
7	RR7	-	+	+	4,2
8	RR8	+	+	+	1,8

Os resultados mostram que todas as variáveis estudadas têm influência significativa na resposta do sistema. Entretanto, uma maior concentração de glicose foi obtida no experimento 6, usando o solvente etanol, o catalisador ácido sulfúrico e no tempo de reação de 90 minutos. Essa combinação deve ser mais explorada para se compreender melhor a influência dessas variáveis.

Figura 2 - Concentração de glicose no filtrado.



#### 4. CONCLUSÕES

Verificou-se que a aplicação do pré-tratamento, realizada em escala de bancada, forneceu dados suficientes para que fosse feita uma análise preliminar da influência das variáveis estudadas. Observou-se que o melhor resultado, em termos de concentração de glicose foi de 6 g/L, alcançado usando etanol como solvente, ácido sulfúrico como catalisador e tempo de reação de 90 minutos.

#### REFERÊNCIAS

- AMATO F, Nível dos reservatórios do sudeste e centro-oeste é o menor desde 2001. GL, Brasília, 2014. Disponível em :<<http://goo.gl/WiRFQo>>. Acesso em: 03 de janeiro 2018.
- CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Org.). Second-generation sugarcane bioenergy & biochemicals: Advanced low-carbon fuels for transport and industry. Brasília, DF: 2017. 124 p.
- MESA L, GONZÁLEZ E, CARA C, GONZÁLEZ M, CASTRO E, MUSSATTO S I, The effect of organosolv pretreatment variables on enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse. Chem.

Eng. J. 168, 2011, 1157-1162. DOI: 10.1016/jcej.2011.02.003.

MUSSATTO S I, Biomass fractionation technologies for a lignocellulosic feedstock based biorefinery. Amsterdam: Elsevier, 2016. 648 p.